

Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym

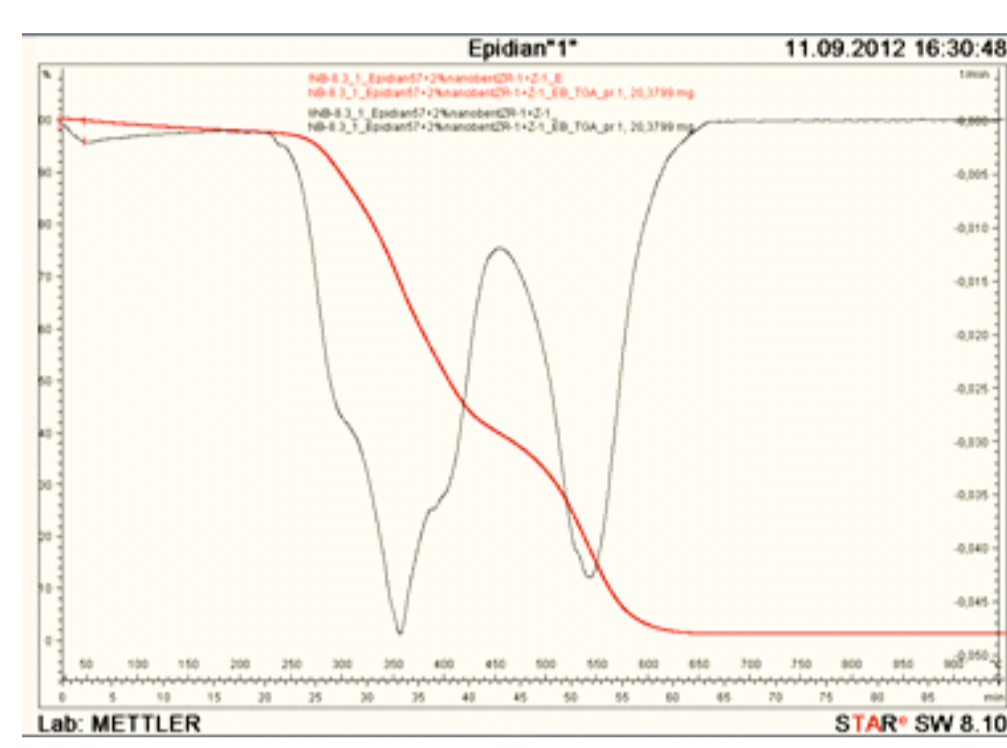
Modern material technologies in aerospace industry

Materiały kompozytowe o zwiększonej wytrzymałości i odporności termicznej z wykorzystaniem żywic polimerowych do zastosowań w lotnictwie

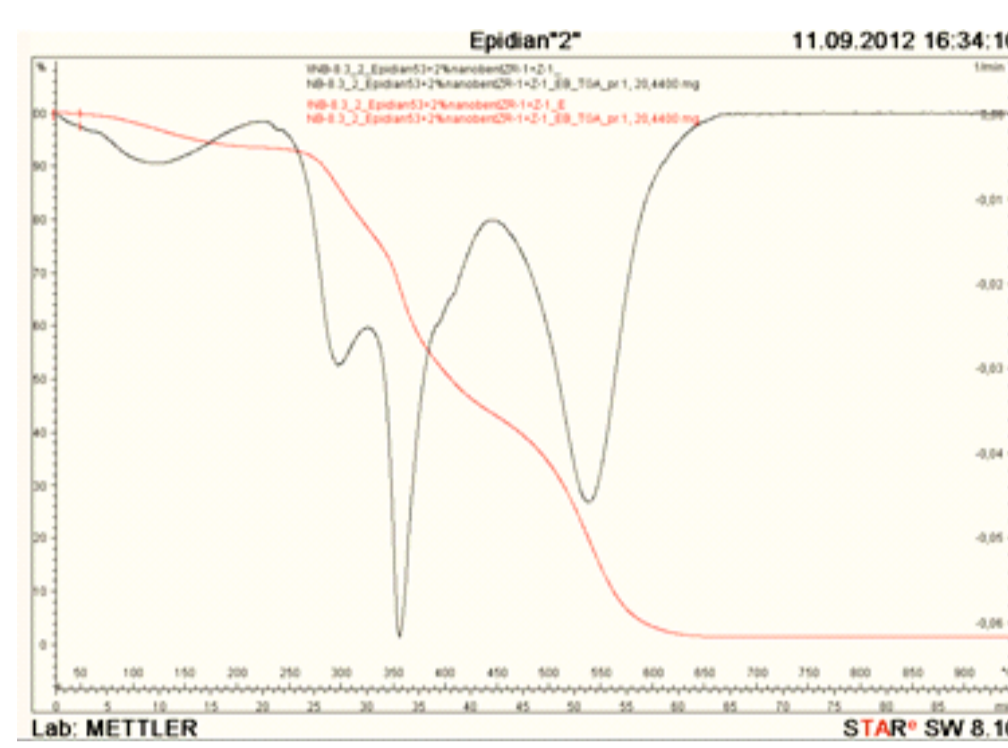
Composite materials of increased strength and thermal resistance with the use of polymeric resins applied in aviation

Politechnika Rzeszowska, Politechnika Lubelska, Politechnika Warszawska

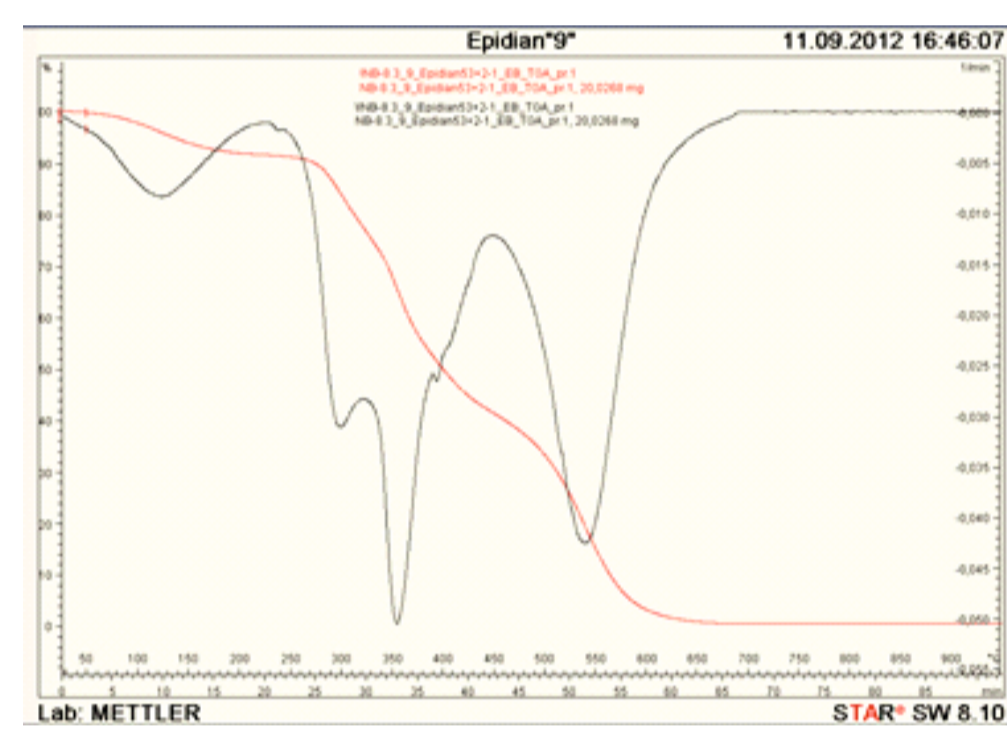
Wyniki badań Results



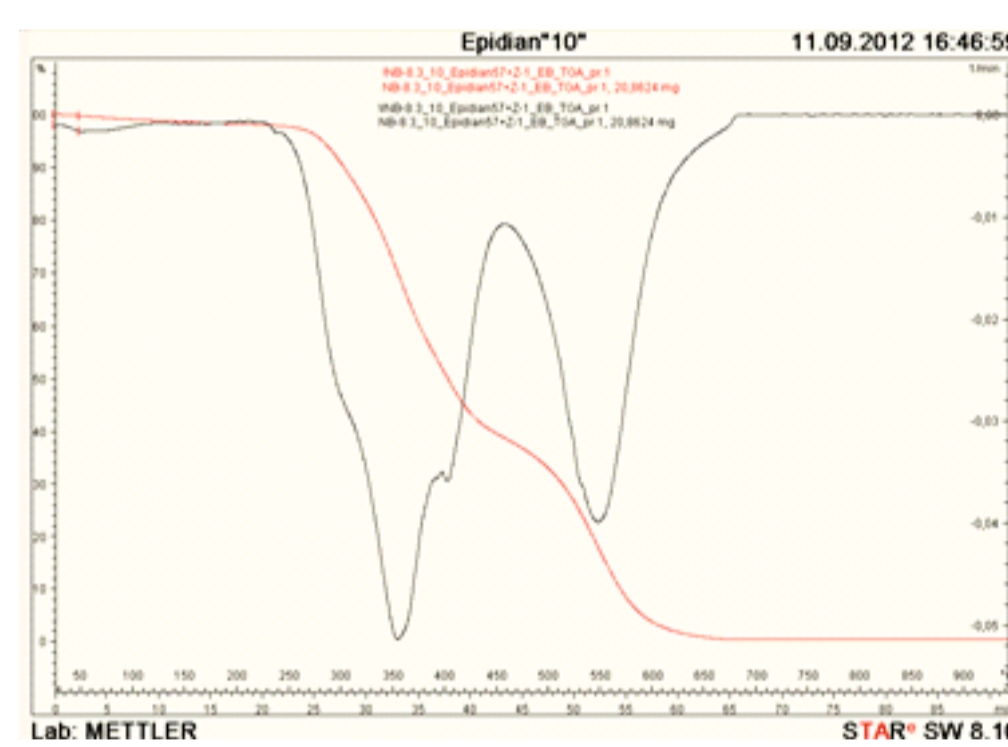
Rys. 1. Wykres TGA dla kompozycji Epidian 57 + 2% napelniacza NanoBent ZR-1



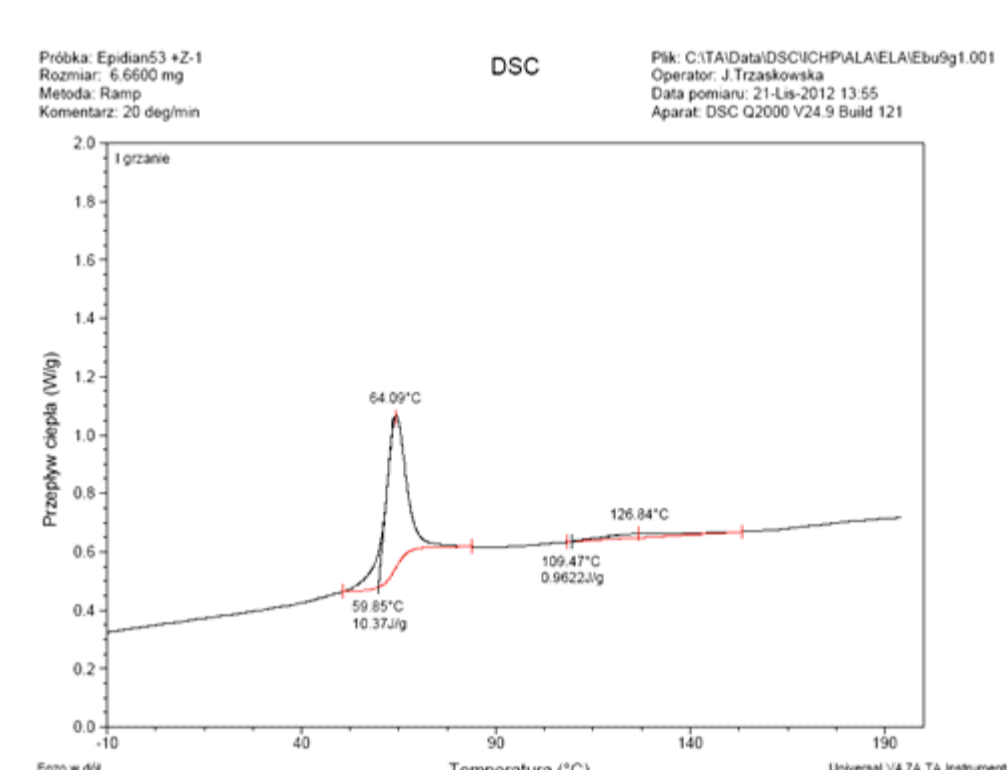
Rys. 2. Wykres TGA dla kompozycji Epidian 53 + 2% napelniacza NanoBent ZR-1



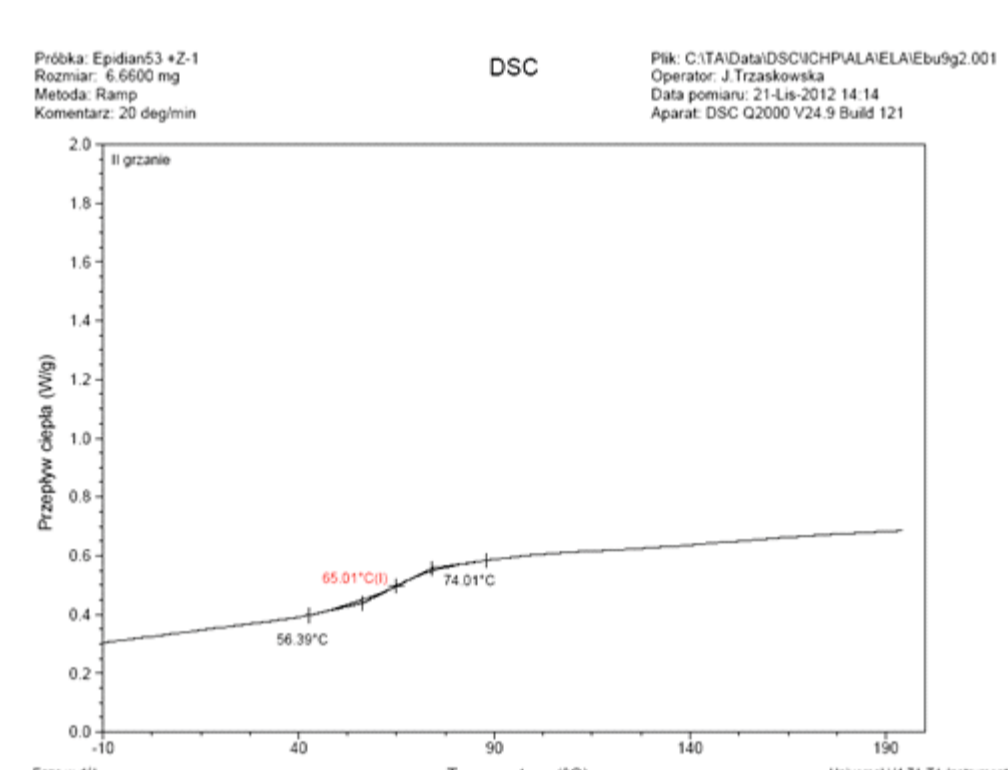
Rys. 3. Wykres TGA dla czystego kleju Epidian 53



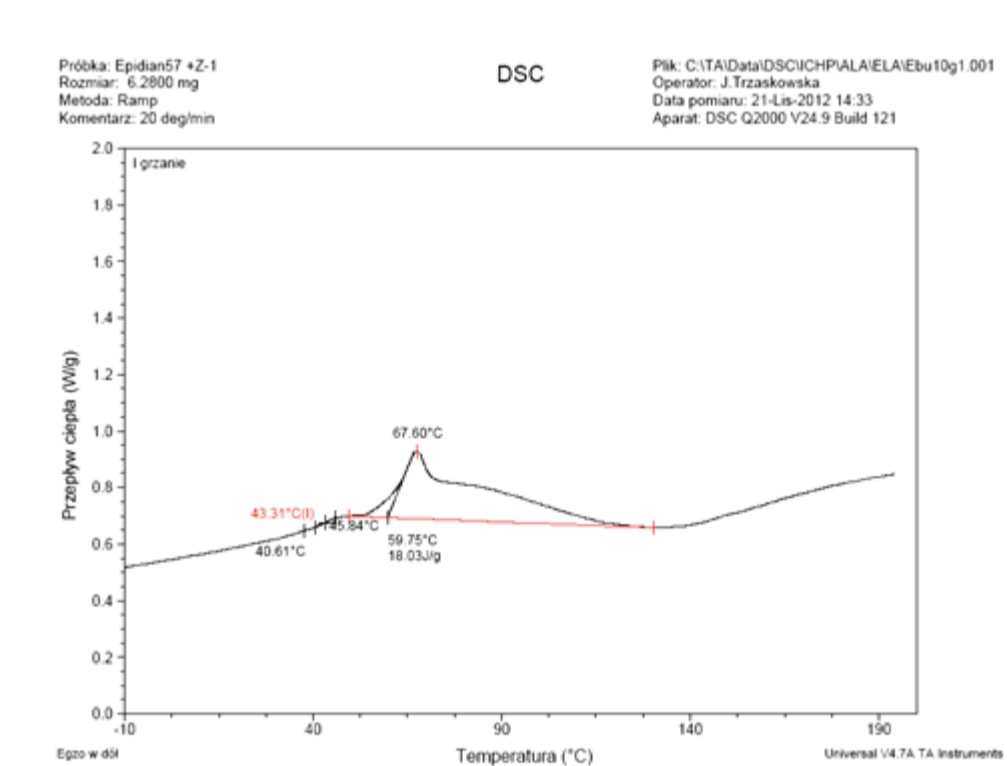
Rys. 4. Wykres TGA dla czystego kleju Epidian 57



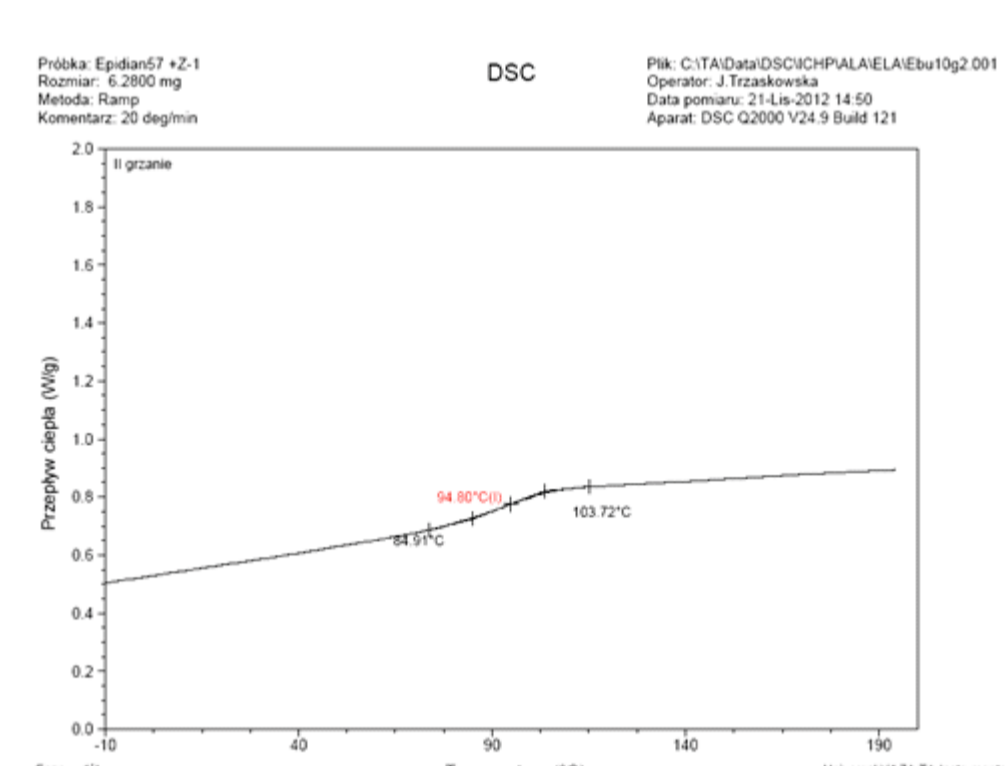
Rys. 5. Wykres DSC dla czystego żywicy Epidian 53 (I grzanie)



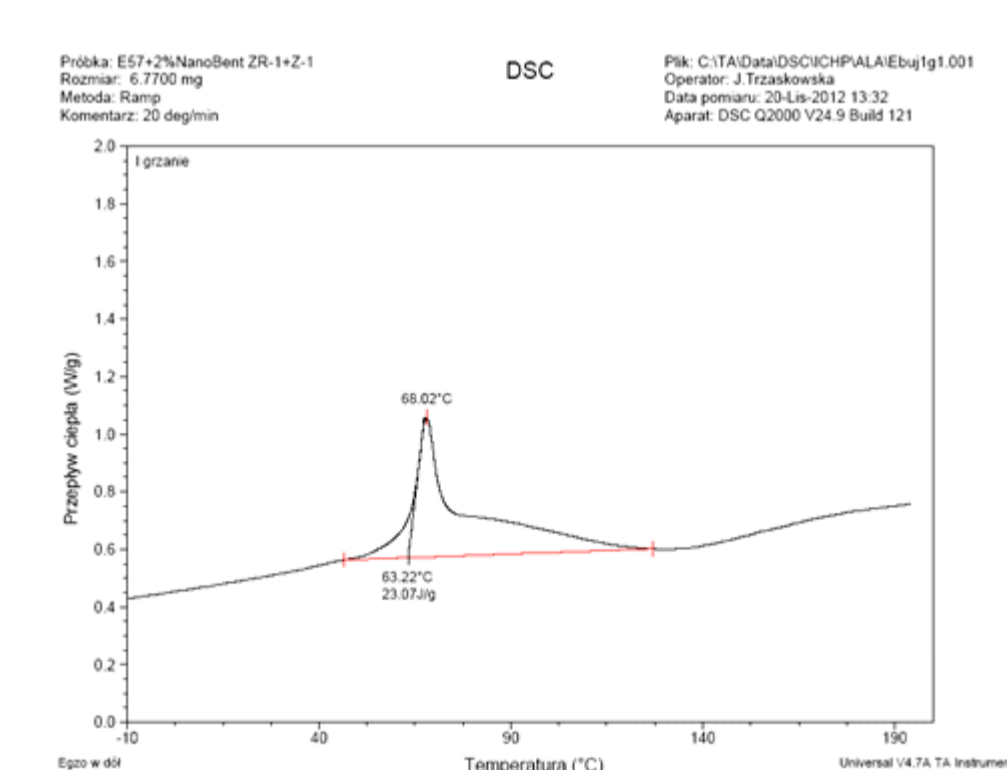
Rys. 6. Wykres DSC dla czystego żywicy Epidian 53 (II grzanie)



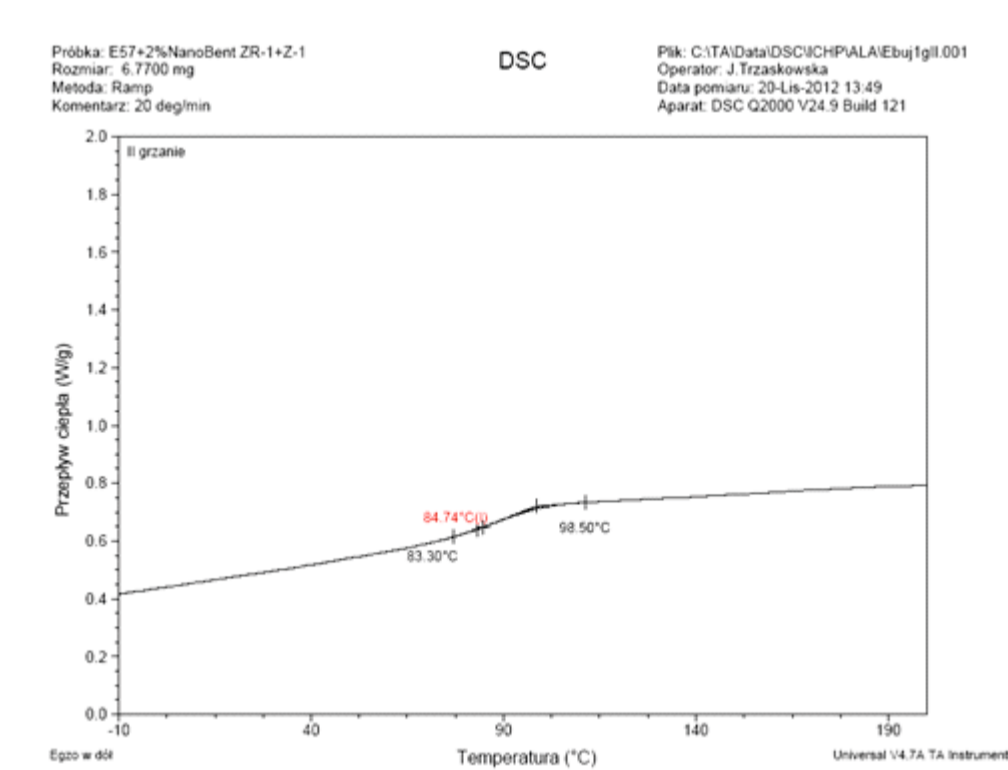
Rys. 7. Wykres DSC dla czystego żywicy Epidian 57 (I grzanie)



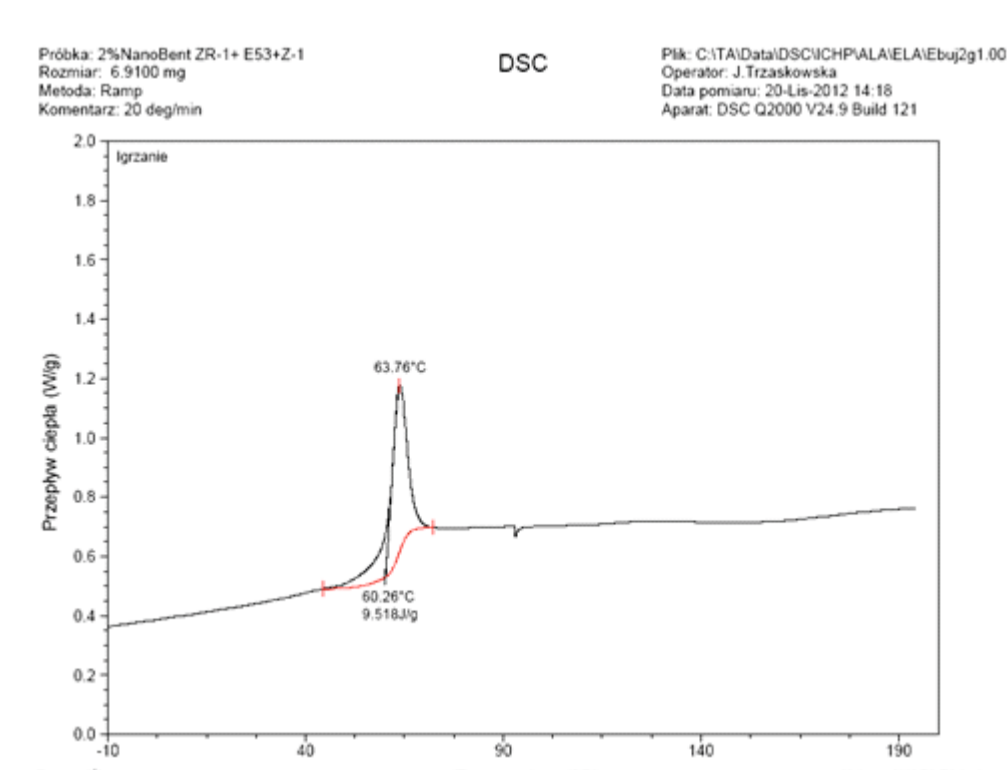
Rys. 8. Wykres DSC dla czystego żywicy Epidian 57 (II grzanie)



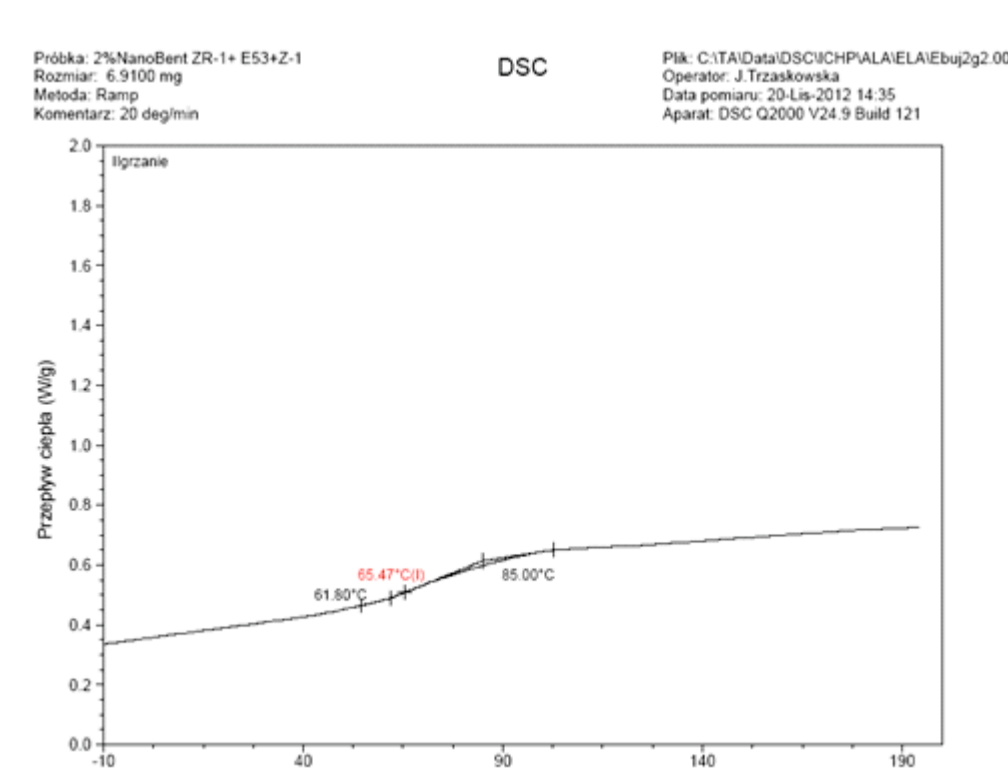
Rys. 9. Wykres DSC dla kompozycji Epidian 57 + 2% NanoBent (I grzanie)



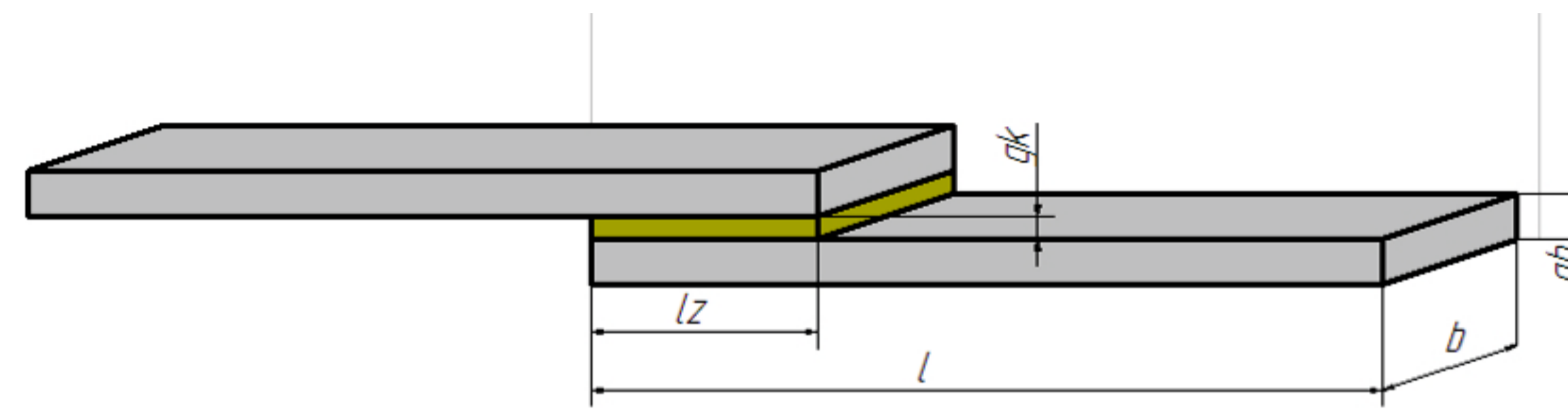
Rys. 10. Wykres DSC dla kompozycji Epidian 57 + 2% NanoBent (II grzanie)



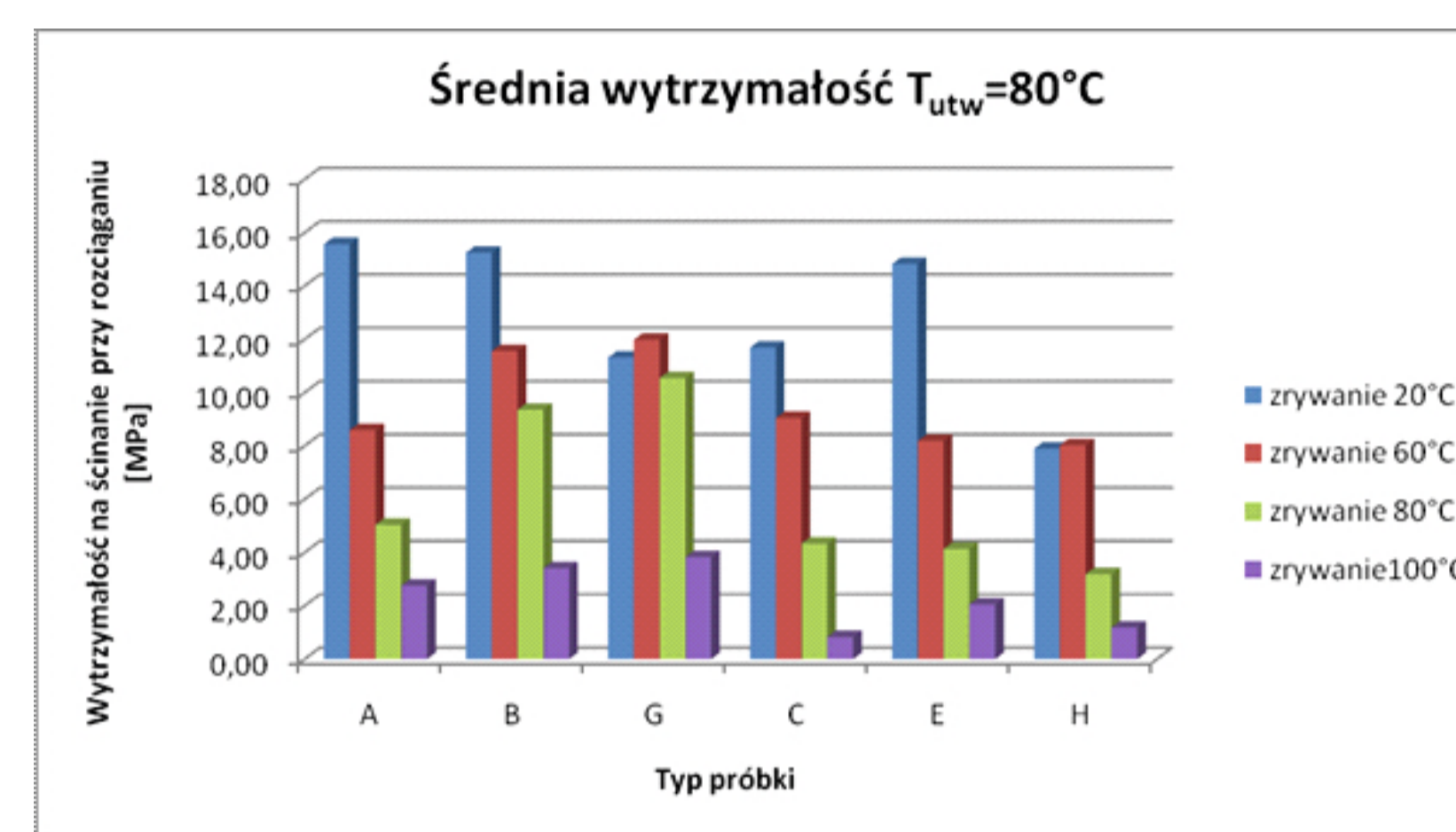
Rys. 11. Wykres DSC dla kompozycji Epidian 53 + 2% NanoBent (I grzanie)



Rys. 12. Wykres DSC dla kompozycji Epidian 53 + 2% NanoBent (II grzanie)

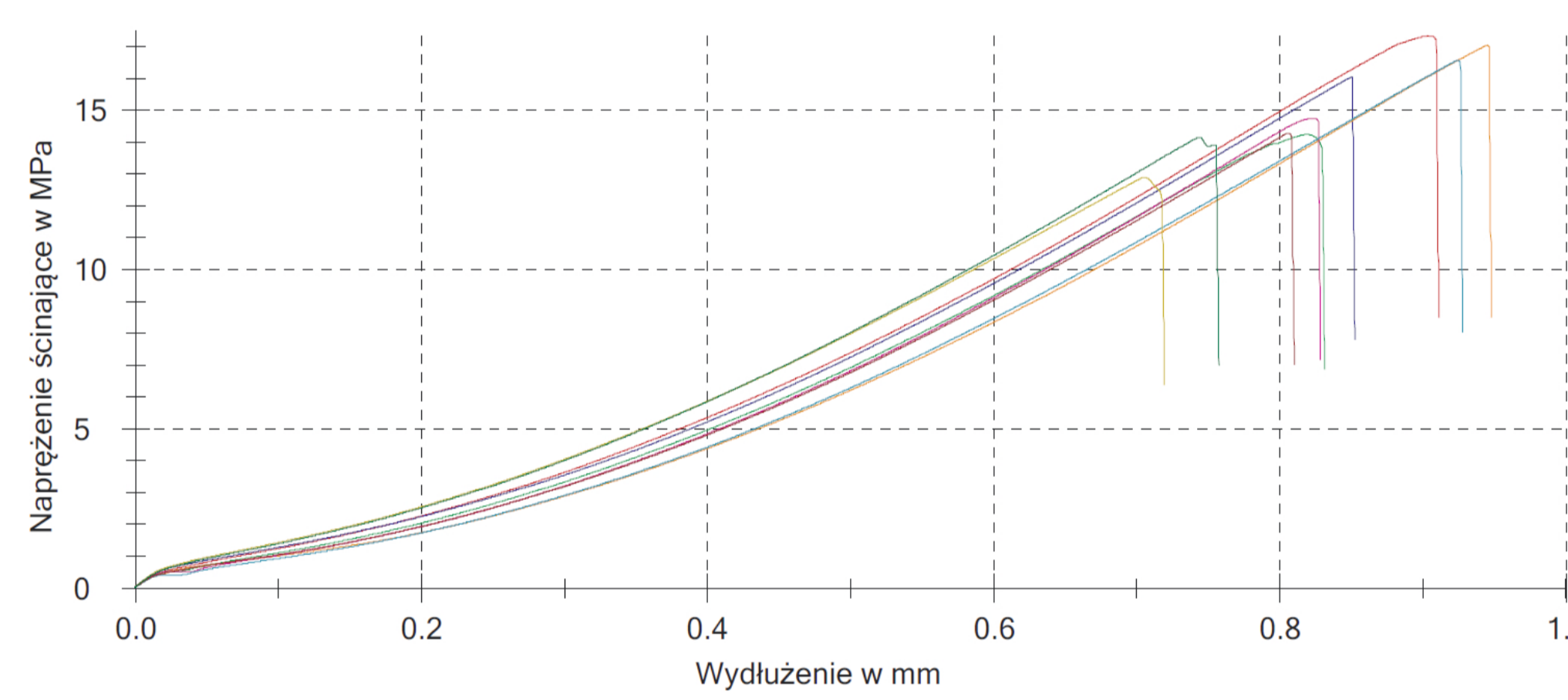


Rys. 13. Połączenie klejowe stosowane w badaniach porównawczych



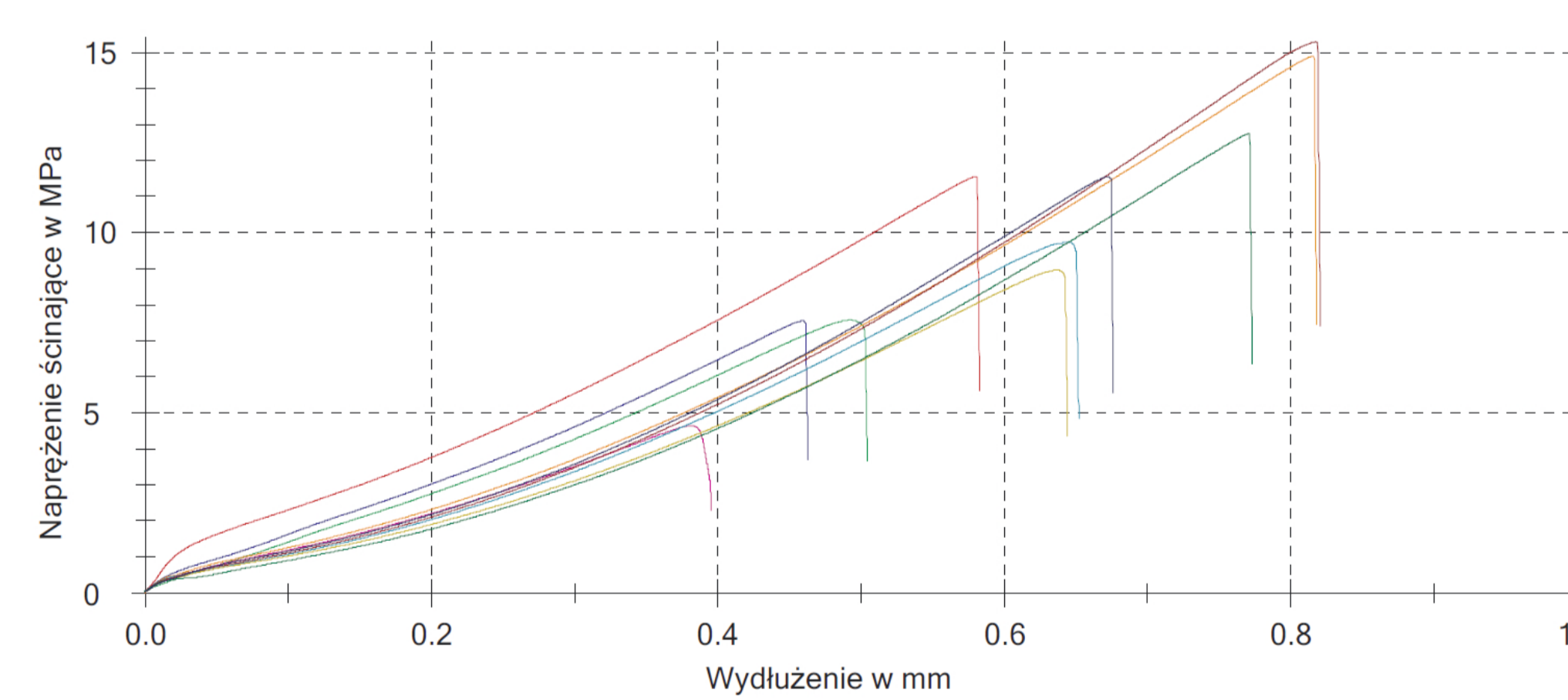
Rys. 14. Zestawienie wyników wytrzymałości na ścinanie dla 6 kompozycji na bazie żywic epoksydowych dotwardzonych po 24h w temperaturze 80°C przez 1h oraz niszczonej w temperaturach 20°C, 60°C, 80°C oraz 100°C: A czysta żywica epoksydowa Epidian 57, B kompozycja żywicy epoksydowa Epidian 57 + 2% NanoBent ZR-1 (mieszanie mechaniczne), G kompozycja żywicy epoksydowa Epidian 57 + 2% NanoBent ZR-1 (mieszanie ultradźwiękowe), C czysta żywica epoksydowa Epidian 53, E kompozycja żywicy epoksydowa Epidian 53 + 2% NanoBent ZR-1 (mieszanie mechaniczne), H kompozycja żywicy epoksydowa Epidian 53 + 2% NanoBent ZR-1 (mieszanie ultradźwiękowe)

Fig. 14. Comparison of lap shear strength test for 6 compositions prepared on the basis of epoxy resins cured after 24h in temperature of 80°C by 1h and destructed in temperatures 20°C, 60°C, 80°C and 100°C: A pure epoxy resin Epidian 57, B composition epoxy resin Epidian 57 + 2% NanoBent ZR-1 (mechanical mixing), G composition epoxy resin Epidian 57 + 2% NanoBent ZR-1 (ultrasonic mixing), C pure epoxy resin Epidian 53, E composition epoxy resin Epidian 53 + 2% NanoBent ZR-1 (mechanical mixing), H composition epoxy resin Epidian 53 + 2% NanoBent ZR-1 (ultrasonic mixing)



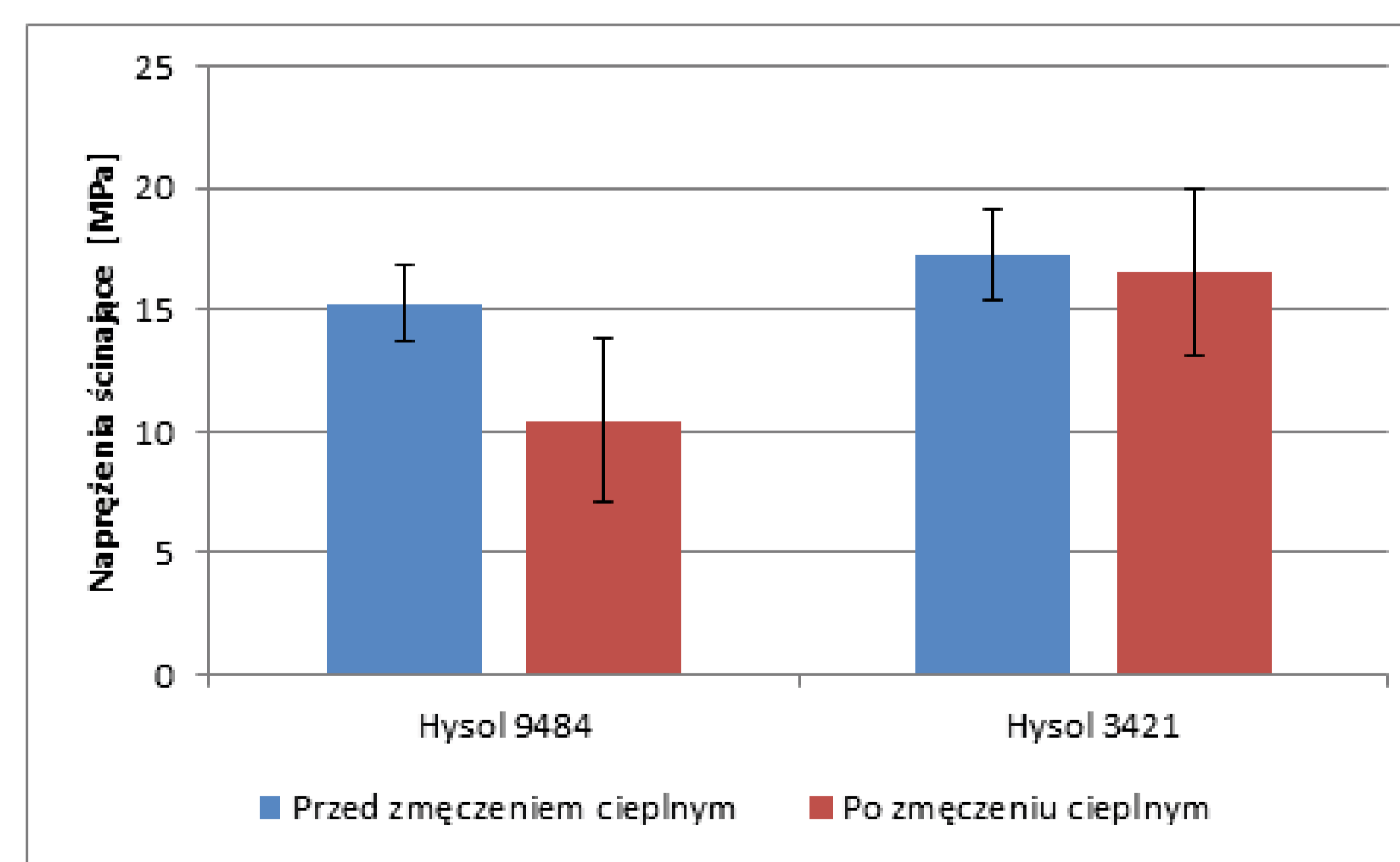
Rys. 15. Przebiegi naprężeń niszczących w jednozakładkowym połączeniu klejowym - klej Hysol 9484, przed zmęczeniem cieplnym

Fig. 15. Destructive stresses in single-lap adhesive joints adhesive Hysol 9484, before thermal shock fatigue



Rys. 16. Przebiegi naprężeń niszczących w jednozakładkowym połączeniu klejowym - klej Hysol 9484, po zmęczeniu cieplnym

Fig. 16. Destructive stresses in single-lap adhesive joints adhesive Hysol 9484, after thermal shock fatigue



Rys. 17. Naprężenia ścinające w jednozakładkowym połączeniu klejowym po obróbce mechanicznej

Fig. 17. Shear stress in single-lap adhesive joint after machining

Wnioski Conclusions

1. Dodatek badanego napelniacza powoduje podwyższenie temperatury degradacji dla kompozycji przygotowanej na bazie żywicy epoksydowej Epidian 53, co wyraźnie widać przy porównaniu temperatury ubytku 5% masy dla badanych próbek, dla której odnotowano największy wzrost.
2. Wysoki wzrost temperatur degradacji odnotowano dla żywicy epoksydowej Epidian 53 z dodatkiem 2% montmorillonitu NanoBent ZR-1, gdzie odnotowano wzrost o 26°C, 8°C oraz 6°C dla temperatur odpowiadających temperaturom 5%, 10% oraz 50% ubytku masy.
3. Interesujące wydają się wyniki otrzymane dla żywicy epoksydowej Epidian 57, gdzie dla czystej żywicy temperatura degradacji jest ponad dwukrotnie wyższa w porównaniu z żywicą Epidian 53, jednak dodatek napelniacza w postaci montmorillonitu NanoBent ZR-1 obniżył temperaturę degradacji o 7°C, 5°C oraz 6°C dla temperatur odpowiadających temperaturom 5%, 10% oraz 90% ubytku masy, a jedynie dla temperatury odpowiadającej 50% ubytkowi masy nastąpił 2°C wzrost temperatury.
4. W przypadku żywicy epoksydowej Epidian 57 wprowadzony napelniacz w postaci montmorillonitu (o zawartości 2% masowo) wpływa na przesunięcie temperatury zeszczenia zmodyfikowanego kleju o ok. 10°C w kierunku niższych temperatur.
5. Dodatek 2% nanonapelniacza NanoBent ZR-1 wpływa na wzrost wytrzymałości w podwyższonych temperaturach dla połączeń klejowych wykonanych na bazie żywicy epoksydowej Epidian 57.
6. Dla jednozakładkowych połączeń klejowych wykonanych ze stali 316L po obróbce mechanicznej narzędziem nasypowym o ziarnistości P320 poddanych obciążeniom cieplnym zauważono znaczący spadek wytrzymałości dla próbek klejonych klejem Hysol 9484.

1. Addition of tested filler causes the increase of breakdown temperature for composition prepared on the basis of epoxy resin Epidian 53, what is especially shown in comparison with temperature of 5% mass loss for tested samples, where the highest increase was observed.
2. High increase of breakdown temperature was noticed for epoxy resin Epidian 53 with 2% of montmorillonite NanoBent ZR-1 filler, where increase at about 26°C, 8°C and 6°C was noticed for temperatures corresponding to temperatures for 5%, 10% and 50% mass loss.
3. Interesting are result received for epoxy resin Epidian 57, where for pure epoxy resin breakdown temperature is over twice higher in comparison with epoxy resin Epidian 53, although addition of montmorillonite NanoBent ZR-1 filler decrease the breakdown temperature at about 7°C, 5°C and 6°C for temperatures corresponding to temperatures of 5%, 10% and 90% mass loss, and only for temperature corresponding to 50% mass loss increase of 2°C was noticed.
4. For epoxy resin Epidian 57 addition of montmorillonite nanofiller (2%) influences on the offset of glass transition temperature for modified epoxy resin at about 10°C in direction of lower temperatures.
5. Addition of 2% NanoBent ZR-1 nanofiller influences on increase of the shear strength in raised temperatures for bonding joints prepared on basis of epoxy resin Epidian 57.
6. Significant drop in strength was observed for single-lap adhesive joints of 316L steel sample, prepared using Hysol 9484 adhesive, after machining using P320 abrasive paper exposed to thermal shock.

Przykłady zastosowania w lotnictwie Examples of application in aviation

1. Klejenie elementów nośnych statek powietrznych.
 2. Klejenie elementów sterowania statek powietrznych.
 3. Hermetyzacja statek powietrznych.
1. Bonding of aircraft's bearing elements.
 2. Bonding of steering elements of aircrafts.
 3. Airtight aircrafts.

Przykłady współpracy z przemysłem lotniczym Collaboration with aviation industry

W pierwszym półroczu 2013 roku współpracowano z zakładami:

1. PZL Świdnik S.A. AugustaWestland.

Wskaźniki realizacji celów projektu Indicators of the project

Publikacje
1. Biruk-Urban K., Kuczmaszewski J.: *Modyfikacja klejów epoksydowych w aspekcie ich właściwości cieplnych*. Technologia i Automatyka Montażu, nr 2/2013, str. 31-34

Prace mgr, dr, hab.
Prace inżynierskie obronione:

- Czaplina Agnieszka: *Analiza granicznej długości zakładki dla klejów o różnej sztywności*. Promotor: Prof. dr hab. inż. Józef Kuczmaszewski
- Gajewski Jakub: *Wytrzymałość na oddzieranie połączenia klejowego metalu ze strukturą komórkową w teście typu T*. Promotor: Prof. dr hab. inż. Józef Kuczmaszewski

Zgłoszenia patentowe

Kuczmaszewski J., Wróblewski P.: Sposób i urządzenie do mieszania, zwłaszcza żywicy epoksydowych. Wniosek o udzielenie patentu na wynalazek. Zgłoszenie nr P.402463.